

01P04078



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 196 25 880 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
B 29 C 45/77

②1 Aktenzeichen: 196 25 880.4
②2 Anmeldetag: 27. 6. 96
②3 Offenlegungstag: 2. 1. 97

DE 196 25 880 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
27.06.95 JP 7-161201

⑦1 Anmelder:
Toshiba Machine Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

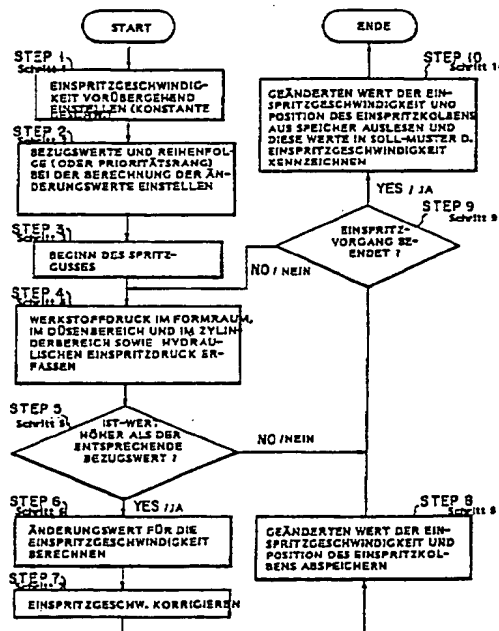
⑦4 Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑦2 Erfinder:
Hayasi, Syoji, Numazu, Shizuoka, JP; Katuta, Hiroshi,
Gotenba, Shizuoka, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit

⑤7 Es wird ein Bezugsdruckwert für einen in in einen Formhohlraum (10a, 10b) eines Spritzgießwerkzeugs (14) eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoff an jeder von einer Vielzahl von Positionen in einem Zylinder (26), einer Düse (25a) und im Formhohlraum in Abhängigkeit von der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder in Abhängigkeit von einer Weglänge des Hubs des Kolbens (30) eingestellt, und die Bewegung eines Kolbens (30) setzt bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit ein. Der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs wird während einer Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs oder während der Kolbenbewegung an den Positionen in beliebiger Reihenfolge erfaßt. Es wird ein Änderungswert zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit berechnet, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem für die Position, an der der IST-Druck erfaßt wird, eingestellten Bezugsdruck in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugsdruck übersteigt, und die Einspritzgeschwindigkeit wird entsprechend dem Änderungswert korrigiert. Der Korrekturwert und die Einspritzdauer bzw. die Weglänge des Kolbenhubs, die dem Bereich entsprechen, werden in einer Speichereinheit (42) abgespeichert. Nun werden der Änderungswert und die Einspritzdauer r bzw. die Weglänge in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit gekennzeichnet. Und das ...



DE 196 25 880 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 96 602 001/1064

21/24

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine, in welcher ein Einspritzkolben bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs einspritzt.

Stand der Technik

Erfahrene Facharbeiter stellen üblicherweise eine Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit in der Weise ein, daß sie von einer Menge an schmelzflüssigem Werkstoff ausgehen, die in einen Formhohlraum einer Spritzgießmaschine einfließt, wobei als Grundlage die Form des Formhohlraums des Spritzgießwerkzeugs und der schmelzflüssige Werkstoff herangezogen werden und die fettige Ausführung eines Probespritzteils geprüft wird.

In der unter Nr. KOKAI 61-69423 veröffentlichten japanischen Patentanmeldung wird beschrieben, daß eine Menge unter Druck stehenden Arbeitsmediums, das einem Hydraulikdruckzylinder einer Hydraulikpresse zugeführt wird, um einen Einspritzkolben einer Spritzgießmaschine zu bewegen, auf der Grundlage eines Fülldruckwerts eines eingespritzten Werkstoffs geregelt wird, der von einem Werkstoffdruckfühler erfaßt wird, welcher in einem Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs vorgesehen ist, so daß der Spritzmaterial-Fülldruck (Dehnkraft am Spritzgießwerkzeug) so eingestellt wird, daß er einem vorgegebenen Bezugswert entspricht. Einer solchen herkömmlichen Auslegung liegt allerdings unter anderem die Zielsetzung zugrunde, daß auf das Spritzgießwerkzeug keine zusätzliche Eigenbelastung infolge eines zusätzlichen Fülldrucks des Einspritzmaterials einwirken sollte. In der vorgenannten Vorveröffentlichung wird jedoch nicht beschrieben, wie die Einspritzgeschwindigkeit (Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit) des schmelzflüssigen Werkstoffs in einem Einspritzvorgang ab Beginn desselben bis zu seinem Ende speziell eingestellt wird.

Darüberhinaus offenbart die unter Nr. KOKAI 58-86327 veröffentlichte japanische Gebrauchsmusteranmeldung, daß die Geschwindigkeit eines aus einer Spritzgießmaschine eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs, so geregelt wird, daß eine Vielzahl von Druckfühlern zur Erfassung des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs in einem Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs vorgesehen ist, um einen vorgegebenen Druck zu erfassen. Auch in dieser Vorveröffentlichung wird jedoch nicht angegeben, wie die Einspritzgeschwindigkeit (Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit) des schmelzflüssigen Werkstoffs in einem Einspritzvorgang ab Beginn desselben bis zu seinem Ende speziell eingestellt wird.

Zur Lösung derartiger herkömmlicher Probleme, wie die vorstehend umrissen wurden, hat die Anmelderin dieser Anmeldung zusammen mit anderen Anmeldern die japanische Patentanmeldung Nr. 5-332995 (Anmeldedatum: 27. Dezember 1993) sowie die US-Anmeldung USSN 08/363,907, die deutsche Patentanmeldung Nr. P 44 46 857.1 und die britische Patentanmeldung Nr. 9,426,167.4 eingereicht, für welche das Prioritätsdatum der japanischen Patentanmeldung in Anspruch genommen wurde. In jeder dieser Anmeldungen wird ein Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung

für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine beschrieben, mit welchem die Spritzgießgeschwindigkeit über kurze Zeit bei einer kleinen Anzahl Probespritzteile auch dann leicht eingestellt werden kann, wenn eine nicht zum Facharbeiter ausgebildete Arbeitskraft die Spritzgießmaschine bedient.

Bei einer Spritzgießmaschine, bei welcher sich ein Einspritzkolben bewegt und dabei schmelzflüssigen Werkstoff in einen Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs einspritzt, nach jeder dieser Anmeldungen wird ein Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt, beispielsweise von einem Druckfühler zur Erfassung des Werkstoffdrucks in der Form, welcher im Formhohlraum angeordnet ist und den Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt, sowie von einem Meßfühler zur Erfassung der Formöffnungsweite, welche den Abstand mißt, um den die Werkzeugblöcke des Spritzgießwerkzeugs voneinander getrennt sind, wobei diese Trennung durch den Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs herbeigeführt wird, und ferner von einem Druckfühler zur Erfassung des Werkstoffdrucks an einem Düsenteil, welcher an der Düse angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an der Düse erfaßt, und schließlich von einem Druckfühler der Spritzgießmaschine, der den hydraulischen Antriebsdruck für den Einspritzkolben erfaßt.

Des weiteren wird ein Bezugsdruckwert des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs in Abhängigkeit von der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder als Funktion einer Weglänge des Kolbens ab Beginn eines Einspritzvorgangs, oder eines konstanten Werts der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder einer Weglänge des Kolbens ab Beginn eines Einspritzvorgangs eingestellt, woraufhin die Kolbenbewegung mit einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt.

Darüberhinaus wird ein Änderungswert zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit berechnet, um eine Differenz zwischen dem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem Bezugsdruckwert in einem Bereich so aufzuheben, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den Bezugsdruckwert während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs übersteigt, während welcher die Kolbenbewegung beginnt, oder während der Bewegung des Kolbens; und die Einspritzgeschwindigkeit wird dabei entsprechend dem geänderten Wert korrigiert. Der geänderte Wert der Einspritzgeschwindigkeit und die Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs bzw. die Weglänge der Kolbenbewegung, die jeweils dem Bereich entsprechen, werden dann in einer Speichereinrichtung abgespeichert. Schließlich werden die geänderten Werte der Einspritzgeschwindigkeit und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Kolbenhubs in einem Soll-Muster für die Einspritzung gekennzeichnet, woraufhin das Muster aus der Speichereinrichtung als Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit ausgelesen wird.

Bei dieser herkömmlichen Arbeitstechnik ist allerdings der Druckfühler zur Erfassung des Werkstoffdrucks im Formhohlraum gegebenenfalls nicht unbedingt an der entsprechenden Position angeordnet, während andererseits der an dieser Position erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs starken Einfluß auf die

Qualität eines fertigen Spritzgußteils im Formhohlraum entsprechend der Form des Formhohlraums nimmt. In diesem Fall wird der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs vorzugsweise nacheinander erfaßt oder auch in einer Reihenfolge mit vorgegebener Priorität an der Stelle, die der Einspritzdauer oder der Weglänge des Kolbenhubs des Einspritzkolbens ab Beginn des Einspritzvorgangs entspricht, und wird der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs in einer Weise geregelt, in welcher der in vorstehend beschriebener Weise erfaßte IST-Wert des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage herangezogen wird. Im Gegensatz hierzu übersteigt gegebenenfalls der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs einen erwünschten Sollwert am Ende des Formhohlraums, wenn der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs nicht nacheinander oder in der Reihenfolge bei vorgegebener Priorität an der entsprechenden Position erfaßt wird und wenn der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs nicht auf der Grundlage des in vorstehend beschriebener Weise erfaßten IST-Drucks geregelt wird.

Die vorliegende Erfindung leitet sich nun aus den vorstehend beschriebenen Umständen ab, wobei ihr die Aufgabe zugrunde liegt, ein Verfahren zur automatischen Einstellung einer Bedingung für eine Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine zu entwickeln, mit dem sich die Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit für einen kurzen Zeitraum für eine kleine Anzahl von Probespritzgußteilen auch dann leicht einstellen läßt, wenn die Spritzgießmaschine von einer nicht zum Facharbeiter ausgebildeten Arbeitskraft bedient wird, und mit welcher sich die Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit in günstiger Weise als bei der herkömmlichen Verfahrensweise einstellen läßt.

Kurzbeschreibung der Erfindung

Zur Lösung der vorgenannten Aufgabe ist erfindungsgemäß ein erstes Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine vorgesehen, in welcher ein Einspritzkolben in einem Zylinder bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs durch eine Düse an dem Zylinder einspritzt, wobei sich dieses Verfahren durch die folgenden Schritte auszeichnet:

Einstellen von Bezugsdruckwerten für den in den Formhohlraum eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoff an einer Vielzahl von Positionen in dem Zylinder, in der Düse und in dem Formhohlraum in Abhängigkeit von der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder in Abhängigkeit von einer Weglänge des Hubs des Kolbens, wobei die Kolbenbewegung bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt;

Erfassen des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen Position aus der Vielzahl von Positionen in beliebiger Reihenfolge während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung;

Berechnen eines Änderungswerts zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem für die Position, an der der IST-Druck erfaßt wird, eingestellten Bezugswert in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck

entsprechenden Bezugswert übersteigt;

Ändern der Einspritzgeschwindigkeit in Entsprechung zum geänderten Wert;

Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit, wobei der Schritt zur Einstellung einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit folgendes umfaßt: Abspeichern des geänderten Werts der Einspritzgeschwindigkeit und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Hubs des Kolbens in Entsprechung zum Bereich in einer Speichereinrichtung; Kennzeichnen des geänderten Werts und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Kolbenhubs in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit; und Auslesen des Musters aus der Speichereinrichtung als Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit.

Zur Lösung der zuvor genannten Aufgabe wird auch ein zweites Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine vorgeschlagen, in welcher ein Einspritzkolben in einem Zylinder bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs durch eine Düse an dem Zylinder einspritzt, welches die gleichen Schritte wie bei dem zuvor beschriebenen ersten Verfahren umfaßt, wobei allerdings der Schritt zur Einstellung des Bezugswerts so nicht vorgesehen ist. Bei einem anderen Schritt zur Einstellung des Bezugsdruckwerts nach dem zweiten Verfahren werden die Bezugsdruckwerte des in den Formhohlraum eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl von Positionen im Zylinder, in der Düse und im Formhohlraum so eingestellt, daß sie bezüglich einer Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs bzw. bezüglich einer Weglänge des Kolbenhubs konstant sind, und daß die Bewegung des Kolbens bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt.

Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe dient auch ein drittes Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine, in welcher ein Einspritzkolben in einem Zylinder bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs durch eine Düse an dem Zylinder einspritzt, welches die gleichen Schritte wie bei dem vorstehend beschriebenen ersten Verfahren, jedoch ohne den Schritt der Erfassung des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs und ohne den Berechnungsschritt umfaßt. Gemäß diesem dritten Verfahren wird bei einem eigenen Schritt zum Erfassen des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen aus der Vielzahl von Positionen während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung erfaßt. Und bei dem Berechnungsschritt nach diesem dritten Verfahren wird ein Änderungswert zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit berechnet, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem Bezugswert, der für die Position eingestellt ist, an der der IST-Druck erfaßt wird und welche gemäß einer vorgegebenen Prioritätsordnung bzw. hierarchischen Ordnung unter der Vielzahl von Positionen eine höhere Priorität als die anderen Positionen aufweist bzw. den anderen Positionen übergeordnet ist, in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugswert übersteigt.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch mit einem vierten Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine gelöst, in welcher ein Einspritzkolben in einem Zylinder bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs durch eine Düse an dem Zylinder einspritzt, welches die gleichen Schritte wie bei dem zuvor beschriebenen ersten Verfahren umfaßt, allerdings ohne den Schritt zur Einstellung der Bezugsdruckwerte, den Schritt zur Erfassung des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs, und ohne den Berechnungsschritt. Bei einem nach dem vierten Verfahren vorgesehenen Schritt zum Einstellen von Bezugsdruckwerten, welcher genauso wie der entsprechende Schritt nach dem zweiten Verfahren ausgelegt ist, werden Bezugsdruckwerte für den in den Formhohlraum eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoff an einer Vielzahl von Positionen in dem Zylinder, in der Düse und in dem Formhohlraum in der Weise eingestellt, daß diese bezüglich einer Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder einer Weglänge des Hubs des Kolbens konstant sind, wobei die Kolbenbewegung bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt.

Bei dem Schritt zur Erfassung des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs nach dem vierten Verfahrensweg, welcher genauso wie der entsprechende Schritt nach dem dritten Verfahren ausgelegt ist, wird der Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen Position aus der Vielzahl von Positionen während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung erfaßt. Und auch bei dem Berechnungsschritt nach dem vierten Verfahren wird wie bei dem entsprechenden Schritt nach dem dritten Verfahren ein Änderungswert zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit berechnet, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem Bezugswert, der für die Position eingestellt ist, an der der IST-Druck erfaßt wird und welche gemäß einer vorgegebenen Prioritätsordnung bzw. hierarchischen Ordnung unter der Vielzahl von Positionen eine höhere Priorität als die anderen Positionen aufweist bzw. den anderen Positionen übergeordnet ist, in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugswert übersteigt.

Bei jedem der vorstehend beschriebenen vier Verfahren wird vorzugsweise ein Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs von einer Vielzahl von Druckfühlern erfaßt, zu welchen mindestens zwei Sensoren in einem Druckfühler zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Formhohlraum gehören, der im Formhohlraum angeordnet ist und den Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt, ferner ein Druckfühler zum Erfassen des Werkstoffdrucks in einem Düsenbereich, der an der Düse angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an der Düse erfaßt, sowie ein Druckfühler zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Zylinderbereich, der am Zylinder angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs am Zylinder erfaßt, und schließlich ein Druckfühler zum Erfassen des hydraulischen Antriebsdrucks des Einspritzkolbens der Spritzgießmaschine.

Bei jedem der vorgenannten vier Verfahren ist vor-

zugsweise eine Vielzahl von Druckfühlern zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Formhohlraum an einer Vielzahl von Positionen im Formhohlraum angeordnet und erfaßt den Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl von Positionen darin.

Außerdem wird bei jedem der vier vorstehend umrissenen Verfahren vorzugsweise der der Änderungswert gemäß folgender Gleichung bestimmt:

$$A' = A - C \times X$$

wobei A' eine geänderte Einspritzgeschwindigkeit angibt, A eine anfängliche Einspritzgeschwindigkeit repräsentiert, mit C ein Verminderungsfaktor bezeichnet ist, und X die Zahl der Verminderung ist.

Weitere Zielsetzungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung und sind teilweise auch aus der Beschreibung ersichtlich bzw. ergeben sich gegebenenfalls bei der praktischen Umsetzung der Erfindung. Die Zielsetzungen und Vorteile der Erfindung lassen sich mit Hilfe der Maßnahmen und Kombinationen erzielen und herbeiführen, wie sie insbesondere in den beiliegenden Patentansprüchen ausgeführt sind.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

In der beiliegenden Zeichnung, die als Bestandteil der Beschreibung hier einbezogen ist, sind derzeit bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, welche in Verbindung mit der vorstehenden allgemeinen Beschreibung und der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels zur Erläuterung der grundsätzlichen Aspekte der Erfindung dienen. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Aufbaus zur Durchführung eines Verfahrens zum automatischen Einstellen einer Bedingung für eine Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine, wobei das Verfahren nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung abläuft;

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm, in welchem Schritte zum automatischen Einstellen einer Bedingung für eine Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine durch Regelung der Einspritzgeschwindigkeit auf der Grundlage einer Position eines Einspritzkolbens und einer Differenz zwischen einem in beliebiger Reihenfolge oder entsprechend der Reihenfolge vorgegebener Prioritäten erfaßten IST-Druckwert und einem diesem entsprechenden Bezugsdruckwert unter den zuvor an einer Vielzahl von Druckmeßpositionen;

Fig. 3 ein erstes Verfahren zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit;

Fig. 4 ein zweites Verfahren zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit; und

Fig. 5 ein drittes Verfahren zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

Anhand der beiliegenden Zeichnung wird nun ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Aufbau zur Durchführung eines Verfahrens zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine, wobei dieses Verfahren einem

Ausführungsbeispiel der Erfindung entspricht.

In einem Spritzgießwerkzeug 14, in welchem zwei voneinander trennbare Werkzeugblöcke 12A, 12B mit Formhohlräumen 10a, 10b unter vorgegebenem Druck miteinander verbunden sind, ist an einer Vielzahl vorgegebener Positionen eine Vielzahl von Sensorelementen eines Werkstoffdruckfühlers 18 im Formhohlraum zum Erfassen eines Drucks eines aus einer (nachfolgend noch zu beschreibenden) Spritzgießmaschine in die Formhohlräume 10a, 10b eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs vorgesehen. Der an diesen Positionen erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs beeinflußt die Qualität eines fertigen Produkts stark, wobei das Produkt in den Formhohlräumen 10a, 10b geformt wird.

Diese Elemente des im Formhohlraum vorgesehenen Werkstoffdruckfühlers 18 können den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl vorgegebener Positionen unabhängig voneinander erfassen. Der Werkstoffdruckfühler 18 im Formhohlraum ist mit einem Vergleichler 20C verbunden, welcher jeden der Bezugswerte für den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs, die für jede der vorgegebenen Positionen vorgegeben und eingestellt ist, mit einem der erfaßten IST-Werte des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs vergleicht, die an einer der Positionen, die einem der Bezugswerte entsprechen, unabhängig voneinander erfaßt werden.

An das Spritzgießwerkzeug 14 ist über eine hydraulische Antriebseinheit 24 eine Spritzgießmaschine 22 angeschlossen, wobei diese hydraulische Antriebseinheit die Spritzgießmaschine 22 so bewegen kann, daß die Formhohlräume 10a, 10b mit einem Werkstoffeinlauf 10c verbunden und von diesem getrennt werden können. An einem Heizzylinder 26 der Spritzgießmaschine 22 ist ein Zylinderdruckfühler 27 vorgesehen, wohingegen an einer Einspritzdüse 26a des Heizzylinders 26 ein Düsendruckfühler 28 vorgesehen ist; und ein Druckfühler 34 zur Erfassung des hydraulischen Einspritzdrucks und ein Kolbenwegsensoren 36 zur Erfassung des Hubs eines Einspritzkolbens sind mit einer hydraulischen Antriebseinheit 32 verbunden, welche den als Druckteil zum Ausschleiben eines schmelzflüssigen Werkstoffs dienenden Einspritzkolben 30 bewegt.

Der Zylinderdruckfühler 27 und der Düsendruckfühler 28 können, ebenso wie der Werkstoffdruckfühler 18 im Formhohlraum, jeweils so aufgebaut sein, daß sie den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl von Positionen jeweils im Heizzylinder 26 und in der Einspritzdüse 26a unabhängig voneinander erfassen. Der an einer Vielzahl von Positionen sowohl im Heizzylinder 26 als auch in der Einspritzdüse 26a erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs beeinflußt die Qualität des in den Formhohlräumen 10a, 10b geformten fertigen Erzeugnisses stark. Dabei sind der Zylinderdruckfühler 27, der Düsendruckfühler 28 und der Druckfühler 34 zur Erfassung des hydraulischen Einspritzdrucks jeweils mit voneinander unabhängigen Vergleichern 20A, 20B, 20C verbunden.

Wenn der Zylinderdruckfühler 27 und der Düsendruckfühler 28 jeweils so aufgebaut sind, daß sie den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl von Positionen sowohl im Heizzylinder 26 als auch in der Einspritzdüse 26a unabhängig voneinander erfassen, kann jeder der Vergleichler 20A, 20B, die jeweils für den Zylinderdruckfühler 27 und den Düsendruckfühler 28 vorgesehen sind, den jeweiligen Druckbezugswert für den schmelzflüssigen Werkstoff, der jeweils für eine der vorgegebenen Positionen sowohl im Heizzylinder

26 als auch in der Einspritzdüse 26a vorgegeben ist, mit einem der IST-Werte des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs vergleichen, die an einer der Positionen, die einem der Bezugswerte entsprechen, unabhängig voneinander erfaßt werden.

Diese vier Vergleichler 20A, 20B, 20C, 20D sind an einen Rechner 38 zur Berechnung der Einspritzgeschwindigkeit angeschlossen, der seinerseits mit einer Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit und einer Speichereinheit 42 verbunden ist.

Der Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 steht mit einem Durchflußmengenregler 44 zur Regelung des Hydraulikmediums in Verbindung, welcher so an eine Hydraulikdruckquelle 43 angeschlossen ist, daß der Betrieb der hydraulischen Antriebseinheit 32 für den Einspritzkolben 30 geregelt wird.

Die Speichereinheit 42 ist mit dem Kolbenwegsensoren 36 zur Erfassung der Hublänge des Einspritzkolbens und außerdem mit dem Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 über einen Kennzeichner 46 für die Einspritzgeschwindigkeit verbunden.

Die Speichereinheit 42 steht außerdem mit jedem der vier Vergleichler 20A, 20B, 20C, 20D in Verbindung.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird jede Ordnung bzw. Prioritätsordnung vorgegeben und eingestellt, wobei diese Ordnung die Reihenfolge bestimmt, in der die Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs von dem Druckfühler 18 zur Erfassung des Werkstoffdrucks im Formhohlraum an den vorgegebenen Positionen jeweils sowohl am Zylinderdruckfühler 27 als auch am Düsendruckfühler 28 (bzw. an der Vielzahl von Positionen an diesen, wenn der Zylinderdruckfühler 27 und der Düsendruckfühler 28 den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs jeweils an der Vielzahl von Positionen erfassen können) und am Druckfühler 34 zur Erfassung des hydraulischen Einspritzdrucks erfaßt wird, und zwar zur Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage zur Regelung der Einspritzgeschwindigkeit des schmelzflüssigen Werkstoffs durch die Recheneinheit 38 zur Berechnung der Einspritzgeschwindigkeit und durch den Regler 40 zur Regelung der Einspritzgeschwindigkeit, während sich der Einspritzkolben 30 in Bewegung befindet.

Zwischen die vier Vergleichler 20A, 20B, 20C, 20D und die Recheneinheit 38 ist eine Änderungseinheit 37 für den Betrieb der Recheneinheit 38 und der Regeleinheit 40 gemäß der vorstehend erläuterten beliebigen Reihenfolge bzw. Prioritätsordnung geschaltet.

Bei diesem Ausführungsbeispiel läßt sich ein Verfahren zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit gemäß den folgenden drei Verfahrenswegen auswählen.

(1) In den Fällen, in denen eine Reihenfolge zur Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs in vorbeschriebener Weise an der Vielzahl von Positionen bzw. Druckfühlern unter Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit vorab vorgegeben wurde, wird, wenn der gerade erfaßte IST-Wert des Drucks den Druckbezugswert übersteigt, der für die Position eingestellt wurde, an der der IST-Druckwert gerade erfaßt wird, ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert und dem Druckbezugswert aufzuheben.

Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an. Nun setzen nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit ab

Beginn des augenblicklichen Druckerfassungsvorgangs die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an den vorstehend beschriebenen vielen Positionen bzw. Druckfühlern und die Verwendung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit automatisch ein.

Wenn außerdem der nächste erfaßte Druckwert den für die Position, an welcher der nächste IST-Wert des Drucks gerade erfaßt wird, eingestellten Druckbezugswert übersteigt, wird ein Änderungswert berechnet, mit dem die Differenz zwischen dem nächsten erfaßten Druckwert und dem nächsten Druckbezugswert aufgehoben wird. Des weiteren regelt der Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 den Hydraulikdruck anhand des nächsten berechneten und korrigierten Werts der Einspritzgeschwindigkeit.

(2) In den Fällen, in denen vorab eine Reihenfolge zur Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an der vorbeschriebenen Vielzahl von Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit vorgegeben wurde, wird dann, nachdem der gerade erfaßte IST-Wert des Drucks den Druckbezugswert übersteigt, der für die Position eingestellt wurde, an der der IST-Druckwert gerade erfaßt wird, ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert und dem Druckbezugswert aufzuheben.

Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an. Nun setzen nach der Änderung der Einspritzgeschwindigkeit entsprechend dem kurz vor dem nächsten Erfassungsvorgang in der Reihenfolge der Erfassung berechneten Änderungswert automatisch die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an den vorstehend beschriebenen vielen Positionen bzw. Druckfühlern und die Verwendung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit automatisch ein und wird der kurz vor dem nächsten Erfassungsvorgang erfaßte IST-Druckwert des schmelzflüssigen Werkstoffs unter den Bezugswert abgesenkt, der für die Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an der Position bzw. an dem Druckfühler eingestellt ist, wo kurz vor dem nächsten Erfassungsvorgang der IST-Druckwert des schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt wird.

Wenn außerdem der nächste erfaßte Druckwert den nächsten Druckbezugswert übersteigt, der für die Position, an der der nächste IST-Druckwert gerade erfaßt wird, eingestellt wurde, so wird ein Änderungswert berechnet, mit dem die Differenz zwischen dem nächsten erfaßten Druckwert und dem nächsten Druckbezugswert aufgehoben wird. Des weiteren regelt der Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 den Hydraulikdruck anhand des nächsten berechneten und korrigierten Werts der Einspritzgeschwindigkeit.

(3) In den Fällen, in denen vorab eine Prioritätsreihenfolge für die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an der vorbeschriebenen Vielzahl von Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit vorgegeben wurde, wird dann, wenn mehrere erfaßte Druckwerte die entsprechenden Bezugsdruckwerte übersteigen, die für die entsprechenden

Positionen oder Druckfühler eingestellt wurden, an denen die IST-Druckwerte gerade erfaßt werden, wobei alle Druckfühler 18, 27, 28, 34 die Druckwerte an den jeweils vorgegebenen Positionen erfassen, ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert mit höherer Rangfolge als die anderen erfaßten Werte und dem dem erfaßten Druckwert mit höherer Priorität entsprechenden Druckbezugswert aufzuheben. Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an.

Wenn einer der erfaßten Druckwerte den entsprechenden Wert unter den Druckbezugswerten überschreitet, die an den vielen Positionen bzw. Druckfühlern eingestellt wurden, wobei alle Druckfühler 18, 27, 28, 34 die Druckwerte an ihrer jeweiligen Position erfassen, wird ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert und dem Druckbezugswert aufzuheben. Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an.

Bei diesem Ausführungsbeispiel kann eine konstante Verringerung der Einspritzgeschwindigkeit vorgenommen werden. In diesem Fall wird der Änderungswert durch die Beziehung $A' = A - C \times X$ bestimmt, wobei A' eine geänderte Einspritzgeschwindigkeit angibt, A eine anfängliche Einspritzgeschwindigkeit repräsentiert, mit C ein Verminderungsfaktor bezeichnet ist, und X die Zahl der Verminderung ist. Außerdem kann der Verminderungsfaktor in zweierlei Weise als hoher und als niedriger Wert bereitgestellt werden, so daß in Notfällen, nämlich dann, wenn eine Anstiegsrate des erfaßten Druckwerts, mit welcher der erfaßte Druckwert den entsprechenden Bezugswert übersteigt, größer als eine vorgegebene Zunahme ist, der Verminderungsfaktor mit seinem hohen Wert herangezogen werden kann.

Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm, in dem die Schritte zur automatischen Einstellung einer Bedingung für eine Spritzgießgeschwindigkeit angegeben sind.

Zunächst wird eine Geschwindigkeit (Einspritzgeschwindigkeit) des aus der Spritzgießmaschine 22 in die Formhöhlräume 10a, 10b des Spritzgießwerkzeugs einzuspritzenden schmelzflüssigen Werkstoffs in der Speichereinheit 42 gemäß Fig. 1 von Hand vorübergehend eingestellt (Schritt 1). Beispielsweise wird kurzfristig eine vorgegebene konstante Geschwindigkeit eingestellt, die in Fig. 3 mit durchgezogener Linie eingezeichnet ist.

Als nächstes werden in der Speichereinheit 42 gemäß Fig. 1 Bezugsdruckwerte für den schmelzflüssigen Werkstoff in Abhängigkeit der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder als Funktion einer Weglänge des Kolbenhubs für die Vielzahl von Erfassungspositionen des Werkstoffdruckfühlers 18 im Formhohlraum, des Zylinderdruckfühlers 27, des Düsendruckfühlers 28 (wobei eine Vielzahl von Erfassungspositionen sowohl am Zylinderdruckfühler 27 als auch am Düsendruckfühler 28 vorgesehen ist, sofern jeder dieser Druckfühler 27, 28 zur Erfassung des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl von Erfassungspositionen sowohl im Zylinder 26 als auch an der Düse 26a ausgelegt ist) und des Druckfühlers 34 zur Erfassung des hydraulischen Einspritzdrucks eingestellt. Außerdem werden eine beliebige Reihenfolge oder eine Prioritätsordnung für die Erfassung der Druckwerte des

schmelzflüssigen Werkstoffs an den vorbeschriebenen vielen Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit über den Einspritzgeschwindigkeitsrechner 38 und den Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 während der Bewegung des Einspritzkolbens 30 vorgegeben (Schritt 2).

Gleichzeitig mit dem Beginn des Einspritzvorgangs (Schritt 3) setzt die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs bzw. des Hydraulikdrucks für die Einspritzung entsprechend der vorstehend beschriebenen voreingestellten Reihenfolge oder gleichzeitig (Schritt 4) an der Vielzahl von Erfassungspositionen des Werkstoffdruckfühlers 18 im Formhohlraum, des Zylinderdruckfühlers 27, des Düsendruckfühlers 28 (wobei eine Vielzahl von Erfassungspositionen sowohl am Zylinderdruckfühler 27 als auch am Düsendruckfühler 28 vorgesehen ist, sofern jeder dieser Druckfühler 27, 28 zur Erfassung des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer Vielzahl von Erfassungspositionen sowohl im Zylinder 26 als auch an der Düse 26a ausgelegt ist), und des Druckfühlers 34 zur Erfassung des hydraulischen Einspritzdrucks ein; dabei vergleichen die Vergleicher 20A, 20B, 20C, 20D die erfaßten Druckwerte mit den Bezugswerten, die in der Speichereinheit 42 eingestellt sind und jeweils den erfaßten Druckwerten entsprechen (Schritt 5).

Bei diesem Ausführungsbeispiel kann eine Verfahrensweise zur Regelung der Einspritzgeschwindigkeit nach einem der folgenden drei Verfahren gewählt werden.

(1) In den Fällen, in denen eine Reihenfolge zur Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an den vorbeschriebenen vielen Positionen bzw. Druckfühlern unter Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit vorab vorgegeben wurde, wird, wenn der gerade erfaßte IST-Wert des Drucks den Druckbezugswert übersteigt, der für die Position eingestellt wurde, an der der IST-Druckwert gerade erfaßt wird, ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert und dem Druckbezugswert aufzuheben (Schritt 6). Außerdem steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an (Schritt 7).

Dabei werden der berechnete Änderungswert für die Einspritzgeschwindigkeit und die Position des Einspritzkolbens, für welche der Änderungswert berechnet wurde, in der Speichereinheit 42 gemäß Fig. 1 abgespeichert (Schritt 8) und es wird ermittelt, ob der Einspritzkolben bei Ende der Kolbenbewegung die Endposition erreicht hat oder nicht (d. h. ob der Einspritzvorgang abgeschlossen wurde oder nicht) (Schritt 9).

Hat der Einspritzkolben noch nicht das Ende seines Kolbenhubs erreicht, wird zum weiteren Ablauf zum Schritt 4 zurückgeschaltet.

Nun setzen nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit ab Beginn des gerade laufenden Druckerfassungsvorgangs die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an den vorstehend beschriebenen vielen Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit automatisch ein. Wenn außerdem der nächste erfaßte Druckwert den für die Position, an welcher der

nächste IST-Wert des Drucks gerade erfaßt wird, eingestellten Druckbezugswert übersteigt, wird ein Änderungswert berechnet, mit dem die Differenz zwischen dem nächsten erfaßten Druckwert und dem nächsten Druckbezugswert aufgehoben wird (Schritt 6). Des weiteren regelt der Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 den Hydraulikdruck anhand des nächsten berechneten und korrigierten Werts der Einspritzgeschwindigkeit (Schritt 7).

(2) In den Fällen, in denen vorab eine Reihenfolge zur Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an der vorbeschriebenen Vielzahl von Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit vorgegeben wurde, wird dann, nachdem der gerade erfaßte IST-Wert des Drucks den Druckbezugswert übersteigt, der für die Position eingestellt wurde, an der der IST-Druckwert gerade erfaßt wird, ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert und dem Druckbezugswert aufzuheben (Schritt 6). Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an (Schritt 7).

Der berechnete Änderungswert für die Einspritzgeschwindigkeit und die Position des Einspritzkolbens, für welche der Änderungswert berechnet wurde, werden in der Speichereinheit 42 gemäß Fig. 1 abgespeichert (Schritt 8) und es wird ermittelt, ob der Einspritzkolben bei Ende der Kolbenbewegung die Endposition erreicht hat oder nicht (d. h. ob der Einspritzvorgang abgeschlossen wurde oder nicht) (Schritt 9).

Hat der Einspritzkolben noch nicht das Ende seines Kolbenhubs erreicht, wird zum weiteren Ablauf zum Schritt 4 zurückgeschaltet.

Nun setzen nach der Änderung der Einspritzgeschwindigkeit entsprechend dem kurz vor dem nächsten Erfassungsvorgang in der Reihenfolge der Erfassung berechneten Änderungswert automatisch die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an den vorstehend beschriebenen vielen Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit automatisch ein und wird der kurz vor dem nächsten Erfassungsvorgang erfaßte IST-Druckwert des schmelzflüssigen Werkstoffs unter den Bezugswert abgesenkt, der für die Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an der Position bzw. an dem Druckfühler eingestellt ist, an welcher bzw. welchem kurz vor dem nächsten Erfassungsvorgang der IST-Druckwert des schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt wird.

Wenn außerdem der nächste erfaßte Druckwert den nächsten Druckbezugswert übersteigt, der für die Position, an der der nächste IST-Druckwert gerade erfaßt wird, eingestellt wurde, so wird ein Änderungswert berechnet, mit dem die Differenz zwischen dem nächsten erfaßten Druckwert und dem nächsten Druckbezugswert aufgehoben wird (Schritt 6). Des weiteren regelt der Einspritzgeschwindigkeitsregler 40 den Hydraulikdruck anhand des nächsten berechneten und korrigierten Werts der Einspritzgeschwindigkeit (Schritt 7).

(3) In den Fällen, in denen vorab eine Prioritätsreihenfolge für die Erfassung der Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs an der vorbeschriebenen Vielzahl von Positionen bzw. Druckfühlern und die Heranziehung

der erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs als Grundlage für die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit vorgegeben wurde, wird dann, wenn mehrere erfaßte Druckwerte die entsprechenden Bezugsdruckwerte übersteigen, die für die entsprechenden Positionen oder Druckfühler eingestellt wurden, an denen die IST-Druckwerte gerade erfaßt werden, wobei alle Druckfühler 18, 27, 28, 34 die Druckwerte an ihren jeweiligen vorgegebenen Positionen erfassen, ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert mit höherer Rangfolge als die anderen erfaßten Werte und dem dem erfaßten Druckwert mit höherer Priorität entsprechenden Druckbezugswert aufzuheben (Schritt 6).

Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an (Schritt 7). Wenn einer der erfaßten Druckwerte den entsprechenden Wert unter den Druckbezugswerten überschreitet, die an den vielen Positionen bzw. Druckfühlern eingestellt wurden, wobei alle Druckfühler 18, 27, 28, 34 die Druckwerte an ihrer jeweiligen Position erfassen, wird ein Änderungswert berechnet, um die Differenz zwischen dem erfaßten Druckwert und dem Druckbezugswert aufzuheben (Schritt 6).

Darüberhinaus steuert die Regeleinheit 40 zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit den Durchflußmengenregler 44 für das Hydraulikmedium anhand der berechneten und korrigierten Einspritzgeschwindigkeit an (Schritt 7).

Der berechnete Änderungswert für die Einspritzgeschwindigkeit und die Position des Einspritzkolbens, für welche der Änderungswert berechnet wurde, werden in der Speichereinheit 42 gemäß Fig. 1 abgespeichert (Schritt 8) und es wird ermittelt, ob der Einspritzkolben bei Ende der Kolbenbewegung die Endposition erreicht hat oder nicht (d. h. ob der Einspritzvorgang abgeschlossen wurde oder nicht) (Schritt 9). Hat der Einspritzkolben bei Ende des Kolbenhubs nicht die Endposition erreicht, wird der weitere Ablauf zum Schritt 4 zurückgeschaltet.

Bei diesem Ausführungsbeispiel kann eine konstante Verringerung der Einspritzgeschwindigkeit vorgenommen werden. In diesem Fall wird der Änderungswert durch die Beziehung $A' = A - C \times X$ bestimmt, wobei A' eine geänderte Einspritzgeschwindigkeit angibt, A eine anfängliche Einspritzgeschwindigkeit repräsentiert, mit C ein Verminderungsfaktor bezeichnet ist, und X die Zahl der Verminderung ist.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel, bei welchem die Einspritzgeschwindigkeit nach dem ersten der vorgenannten drei Verfahren zur Regelung der Einspritzgeschwindigkeit geregelt wird. Bei diesem Beispiel wird die Einspritzgeschwindigkeit anhand der an zwei Positionen unter der vorstehend beschriebenen Vielzahl von Positionen an dem in Fig. 1 dargestellten Werkstoffdruckfühler 18 im Formhohlraum erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs ermittelt.

Fig. 4 zeigt ein Beispiel, bei welchem die Einspritzgeschwindigkeit nach dem zweiten der vorstehend beschriebenen drei Verfahren zur Regelung der Einspritzgeschwindigkeit geregelt wird. Auch bei diesem Beispiel erfolgt die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit anhand der an zwei Positionen unter der vorstehend beschriebenen Vielzahl von Positionen an dem in Fig. 1 dargestellten Werkstoffdruckfühler 18 im Formhohlraum erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werk-

stoffs.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel, bei welchem die Regelung der Einspritzgeschwindigkeit nach dem dritten der vorstehend beschriebenen drei Verfahren zum Regeln der Einspritzgeschwindigkeit erfolgt. Des weiteren wird bei diesem Beispiel die Einspritzgeschwindigkeit ebenfalls anhand der an zwei Positionen unter der vorstehend beschriebenen Vielzahl von Positionen an dem in Fig. 1 dargestellten Werkstoffdruckfühler 18 im Formhohlraum erfaßten Druckwerte des schmelzflüssigen Werkstoffs geregelt. In Fig. 5 sind allerdings mit einer dicken Linie ein Werkstoffdruck im Formhohlraum eingezeichnet, der vom Drucksensor mit höherer Prioritätsrangfolge als der andere Drucksensor im Werkstoffdruckfühler 18 im Formhohlraum erfaßt wird, sowie ein Bereich von Einspritzkolbenpositionen, für welche die Einspritzgeschwindigkeit anhand des von dem Drucksensor höherer Priorität erfaßten Werkstoffdrucks im Formhohlraum geregelt wird.

Der berechnete Änderungswert für die Einspritzgeschwindigkeit und die Position des Einspritzkolbens, für welche dieser Änderungswert berechnet wird, werden in der Speichereinheit 42 gemäß Fig. 1 abgespeichert (Schritt 8) und es wird ermittelt, ob der Einspritzkolben bei Ende der Kolbenbewegung die Endposition erreicht hat oder nicht (d. h. ob der Einspritzvorgang abgeschlossen wurde oder nicht) (Schritt 9).

Hat der Einspritzkolben noch nicht das Ende seines Kolbenhubs erreicht, wird zum weiteren Ablauf zum Schritt 4 zurückgeschaltet.

Die für die in vorstehender Weise für die Einspritzgeschwindigkeit berechneten Änderungswerte und die Positionen des Einspritzkolbens, für welche der Wert der Einspritzgeschwindigkeit geändert bzw. korrigiert wird, werden in der Speichereinheit 42 abgespeichert.

Hat der Einspritzkolben bei Ende seiner Bewegung die Endposition des Kolbenhubs erreicht, werden ein Änderungswert bzw. Änderungswerte für die Einspritzgeschwindigkeit, die für die vielen Positionen und Druckfühler eingestellten Bezugswerte für den schmelzflüssigen Werkstoff und die Positionen des Einspritzkolbens, bei welchen die Einspritzgeschwindigkeit innerhalb des Hubbereichs des Einspritzkolbens ab der Ausgangsposition des Einspritzkolbens bis zur Endposition des Einspritzkolbens geändert bzw. korrigiert wird, aus der Speichereinheit 42 ausgelesen.

Außerdem wird bzw. werden der bzw. die berechnete(n) Änderungswert(e) für die Einspritzgeschwindigkeit in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit gekennzeichnet (beispielsweise weist jeder einzelne Schritt dabei die Form eines Rechtecks, einer mehrreckigen Linie oder einer schrägen Linie auf), wobei unter Berücksichtigung der anfänglich zeitweilig und von Hand eingestellten konstanten Einspritzgeschwindigkeit, der Einspritzkolbenpositionen, bei denen die Einspritzgeschwindigkeit nicht geändert wird, und der an diesen Positionen des Einspritzkolbens ohne Veränderung der Einspritzgeschwindigkeit geltenden unveränderten Einspritzgeschwindigkeit das Muster eine jeweils gewünschte Anzahl Verminderungsschritte (beispielsweise 3 bis 10 Schritte) umfaßt (Schritt 10), woraufhin der Ablauf zur automatischen Einstellung der Spritzgießgeschwindigkeit einer Spritzgießmaschine beendet ist.

Aus der vorstehenden Beschreibung wird deutlich, daß sich nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschi-

ne die Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit kurzfristig bei einer kleinen Anzahl Probespritzteile auch dann leicht einstellen läßt, wenn die Spritzgießmaschine von einer nicht zum Facharbeiter ausgebildeten Arbeitskraft bedient wird, und daß sich dementsprechend die Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit in günstigerer Weise als bei herkömmlichen Verfahren einstellen läßt.

Weitere Vorteile und Modifizierungen sind für den Fachmann leicht erkennbar. Deshalb beschränkt sich die Erfindung mit ihren breiter angelegten Aspekten nicht auf spezielle Einzelheiten und hier dargestellte und beschriebene Beispiele. Dementsprechend können verschiedene Modifizierungen daran vorgenommen werden, ohne über den Sinn oder Umfang des allgemeinen Erfindungsgedankens mit seinen Äquivalenten hinauszugehen, wie er in den beiliegenden Ansprüchen umrissen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine (22), in welcher ein Einspritzkolben (30) in einem Zylinder (26) bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum (10a, 10b) eines Spritzgießwerkzeugs (14) durch eine Düse (26a) an dem Zylinder einspritzt, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Schritte umfaßt:
 - Einstellen von Bezugsdruckwerten für den in den Formhohlraum (10a, 10b) eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoff an einer Vielzahl von Positionen in dem Zylinder (26), in der Düse (26a) und in dem Formhohlraum in Abhängigkeit von der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder in Abhängigkeit von einer Weglänge des Hubs des Kolbens (30), wobei die Kolbenbewegung bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt;
 - Erfassen des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen Position aus der Vielzahl von Positionen in beliebiger Reihenfolge während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben (30) sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung;
 - Berechnen eines Änderungswerts zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem für die Position, an der der IST-Druck erfaßt wird, eingestellten Bezugswert in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugswert übersteigt;
 - Ändern der Einspritzgeschwindigkeit in Entsprechung zum geänderten Wert;
 - Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit, wobei der Schritt zur Einstellung einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit folgendes umfaßt:
 - Abspeichern des geänderten Werts der Einspritzgeschwindigkeit und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Hubs des Kolbens (30) in Entsprechung zum Bereich in einer Spei-

chereinrichtung (42);

— Kennzeichnen des geänderten Werts und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Kolbenhubs in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit; und

— Auslesen des Musters aus der Speichereinrichtung (42) als Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit.

2. Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine (22), in welcher ein Einspritzkolben (30) in einem Zylinder (26) bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum (10a, 10b) eines Spritzgießwerkzeugs (14) durch eine Düse (26a) an dem Zylinder einspritzt, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Schritte umfaßt:

— Einstellen von Bezugsdruckwerten für den in den Form-Werkstoff an einer Vielzahl von Positionen in dem Zylinder (26), in der Düse (26a) und in dem Formhohlraum in der Weise, daß diese bezüglich einer Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder einer Weglänge des Hubs des Kolbens (30) konstant sind, wobei die Kolbenbewegung bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt;

— Erfassen des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen Position aus der Vielzahl von Positionen in beliebiger Reihenfolge während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben (30) sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung;

— Berechnen eines Änderungswerts zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem für die Position, an der der IST-Druck erfaßt wird, eingestellten Bezugswert in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugswert übersteigt;

— Ändern der Einspritzgeschwindigkeit in Entsprechung zum geänderten Wert;

— Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit, wobei der Schritt zur Einstellung einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit folgendes umfaßt:

— Abspeichern des geänderten Werts der Einspritzgeschwindigkeit und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Hubs des Kolbens (30) in Entsprechung zum Bereich in der Speichereinrichtung (42);

— Kennzeichnen des geänderten Werts und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Kolbenhubs in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit; und

— Auslesen des Musters aus der Speichereinrichtung (42) als Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Druck des in den Formhohlraum (10a, 10b) des Spritzgießwerkzeugs (14) eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs von einer Vielzahl von Druckfühlern erfaßt wird, zu welchen

mindestens zwei Sensoren in einem Druckfühler (18) zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Formhohlraum gehören, der im Formhohlraum (10a, 10b) angeordnet ist und den Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt, ferner ein Druckfühler (28) zum Erfassen des Werkstoffdrucks in einem Düsenbereich, der an der Düse (26a) angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an der Düse erfaßt, sowie ein Druckfühler (27) zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Zylinderbereich, der am Zylinder (26) angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs am Zylinder erfaßt, und schließlich ein Druckfühler (34) zum Erfassen des hydraulischen Antriebsdrucks des Einspritzkolbens der Spritzgießmaschine (22).

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckfühler (18) zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Formhohlraum eine Vielzahl von Sensorelementen aufweist, die an einer Vielzahl von Positionen im Formhohlraum (10a, 10b) angeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Änderungswert gemäß folgender Gleichung bestimmt wird:

$$A' = A - C \times X$$

wobei A' eine geänderte Einspritzgeschwindigkeit angibt, A eine anfängliche Einspritzgeschwindigkeit repräsentiert, mit C ein Verminderungsfaktor bezeichnet ist, und X die Zahl der Verminderung ist.

6. Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine (22), in welcher ein Einspritzkolben (30) in einem Zylinder (26) bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum (10a, 10b) eines Spritzgießwerkzeugs (14) durch eine Düse (26a) an dem Zylinder einspritzt, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Schritte umfaßt:

- Einstellen von Bezugsdruckwerten für den in den Formhohlraum (10a, 10b) eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoff an einer Vielzahl von Positionen in dem Zylinder (26), in der Düse (26a) und in dem Formhohlraum in Abhängigkeit der Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder als Funktion einer Weglänge des Hubs des Kolbens (30), wobei die Kolbenbewegung bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt;
- Erfassen des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen Position aus der Vielzahl von Positionen während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben (30) sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung;
- Berechnen eines Änderungswerts zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem Bezugswert, der für die Position eingestellt ist, an der der IST-Druck erfaßt wird und welche gemäß einer vorgegebenen Prioritätsordnung bzw. hierarchischen Ordnung unter

der Vielzahl von Positionen eine höhere Priorität als die anderen Positionen aufweist bzw. den anderen Positionen übergeordnet ist, in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugswert übersteigt;

- Ändern der Einspritzgeschwindigkeit in Entsprechung zum geänderten Wert;
- Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit, wobei der Schritt zur Einstellung einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit folgendes umfaßt:
 - Abspeichern des geänderten Werts der Einspritzgeschwindigkeit und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Hubs des Kolbens (30) in Entsprechung zum Bereich in der Speichereinrichtung (42);
 - Kennzeichnen des geänderten Werts und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Kolbenhubs in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit; und
 - Auslesen des Musters aus der Speichereinrichtung (42) als Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit.

7. Verfahren zum automatischen Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit bei einer Spritzgießmaschine (22), in welcher ein Einspritzkolben (30) in einem Zylinder (26) bewegbar ist und dabei schmelzflüssigen Werkstoff aus dem Zylinder in einen Formhohlraum (10a, 10b) eines Spritzgießwerkzeugs (14) durch eine Düse (26a) an dem Zylinder einspritzt, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Schritte umfaßt:

- Einstellen von Bezugsdruckwerten für den in den Formhohlraum (10a, 10b) eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoff an einer Vielzahl von Positionen in dem Zylinder (26), in der Düse (26a) und in dem Formhohlraum in der Weise, daß diese bezüglich einer Einspritzdauer ab Beginn eines Einspritzvorgangs oder einer Weglänge des Hubs des Kolbens (30) konstant sind, wobei die Kolbenbewegung bei einer zeitweilig konstanten Einspritzgeschwindigkeit einsetzt;
- Erfassen des Drucks des schmelzflüssigen Werkstoffs an einer beliebigen Position aus der Vielzahl von Positionen während der Einspritzdauer ab Beginn des Einspritzvorgangs, innerhalb derer der Kolben (30) sich zu bewegen beginnt, oder während der Kolbenbewegung;
- Berechnen eines Änderungswerts zur Korrektur der Einspritzgeschwindigkeit, mit welchem eine Differenz zwischen einem erfaßten Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs und dem Bezugswert, der für die Position eingestellt ist, an der der IST-Druck erfaßt wird und welche gemäß einer vorgegebenen Prioritätsordnung bzw. hierarchischen Ordnung unter der Vielzahl von Positionen eine höhere Priorität als die anderen Positionen aufweist bzw. den anderen Positionen übergeordnet ist, in einem Bereich so aufgehoben wird, daß der erfaßte Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs den dem erfaßten Druck entsprechenden Bezugswert übersteigt;

- Ändern der Einspritzgeschwindigkeit in Entsprechung zum geänderten Wert;
- Einstellen einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit, wobei der Schritt zur Einstellung einer Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit folgendes umfaßt:
 - Abspeichern des geänderten Werts der Einspritzgeschwindigkeit und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Hubs des Kolbens (30) in Entsprechung zum Bereich in der Speichereinrichtung (42);
 - Kennzeichnen des geänderten Werts und der Einspritzdauer bzw. der Weglänge des Kolbenhubs in einem SOLL-Muster für die Einspritzgeschwindigkeit; und
 - Auslesen des Musters aus der Speichereinrichtung (42) als Bedingung für die Spritzgießgeschwindigkeit.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Druck des in den Formhohlraum (10a, 10b) des Spritzgießwerkzeugs (14) von einer Vielzahl von Druckfühlern erfaßt wird, zu welchen mindestens zwei Sensoren in einem Druckfühler (18) zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Formhohlraum gehören, der im Formhohlraum (10a, 10b) angeordnet ist und den Druck des in den Formhohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzten schmelzflüssigen Werkstoffs erfaßt, ferner ein Druckfühler (28) zum Erfassen des Werkstoffdrucks in einem Düsenbereich, der an der Düse (26a) angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs an der Düse erfaßt, sowie ein Druckfühler (27) zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Zylinderbereich, der am Zylinder (26) angeordnet ist und den Druck des schmelzflüssigen Werkstoffs am Zylinder erfaßt, und schließlich ein Druckfühler (34) zum Erfassen des hydraulischen Antriebsdrucks des Einspritzkolbens der Spritzgießmaschine (22).

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckfühler (18) zum Erfassen des Werkstoffdrucks im Formhohlraum eine Vielzahl von Sensorelementen aufweist, die an einer Vielzahl von Positionen im Formhohlraum (10a, 10b) angeordnet sind.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Änderungswert gemäß folgender Gleichung bestimmt wird:

$$A' = A - C \times X$$

wobei A' eine geänderte Einspritzgeschwindigkeit angibt, A eine anfängliche Einspritzgeschwindigkeit repräsentiert, mit C ein Verminderungsfaktor bezeichnet ist, und X die Zahl der Verminderung ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

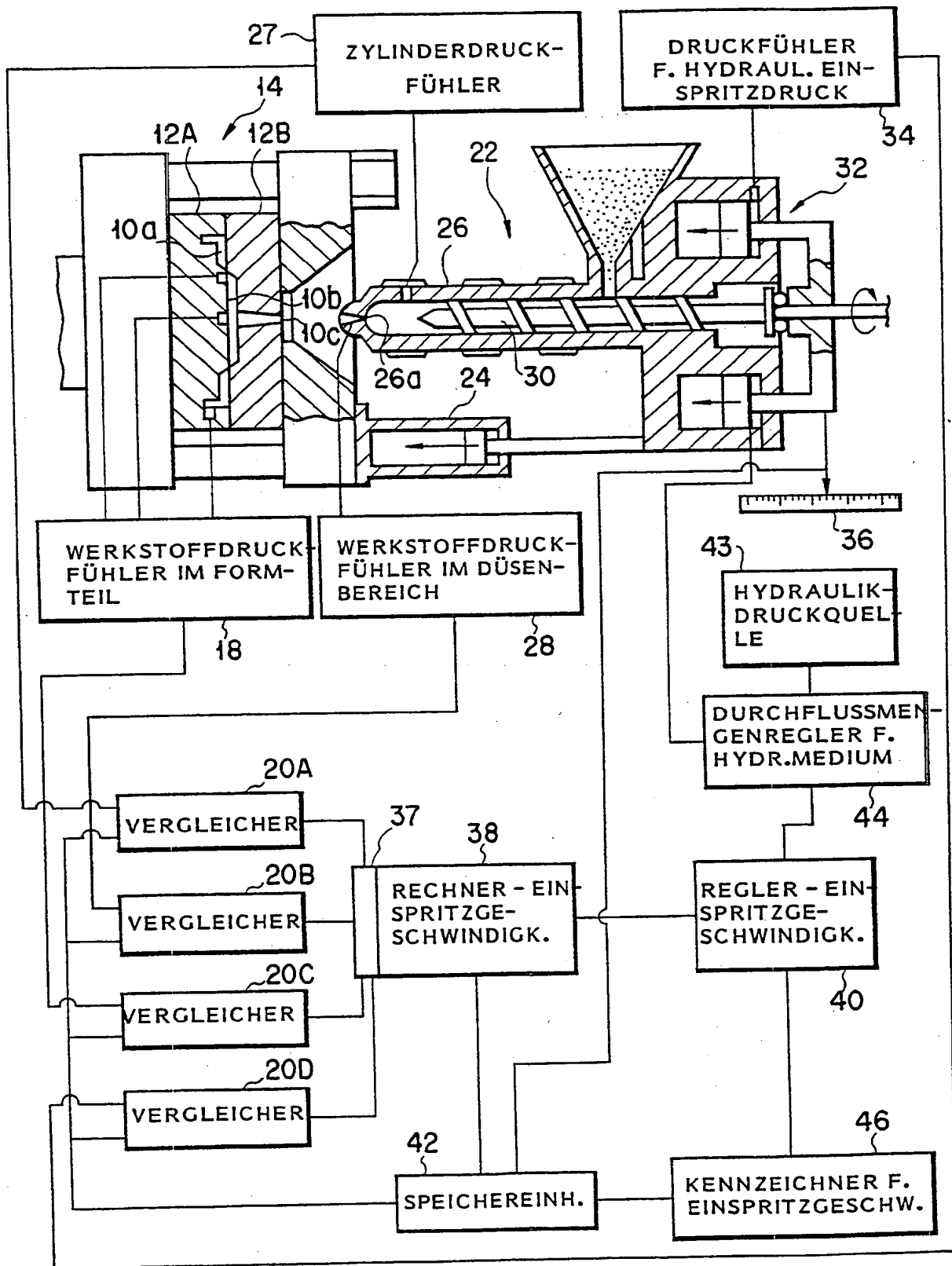


FIG. 1

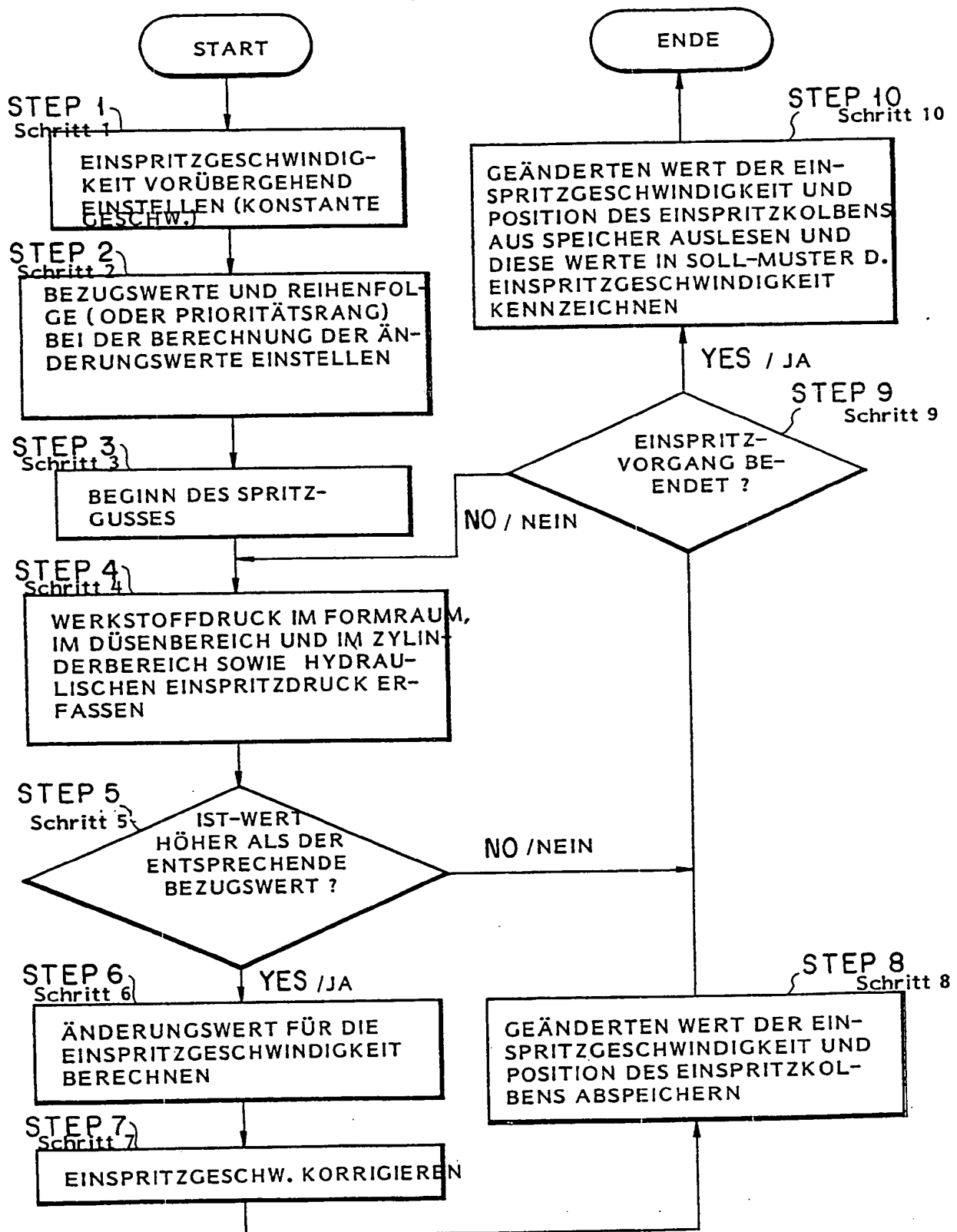


FIG. 2

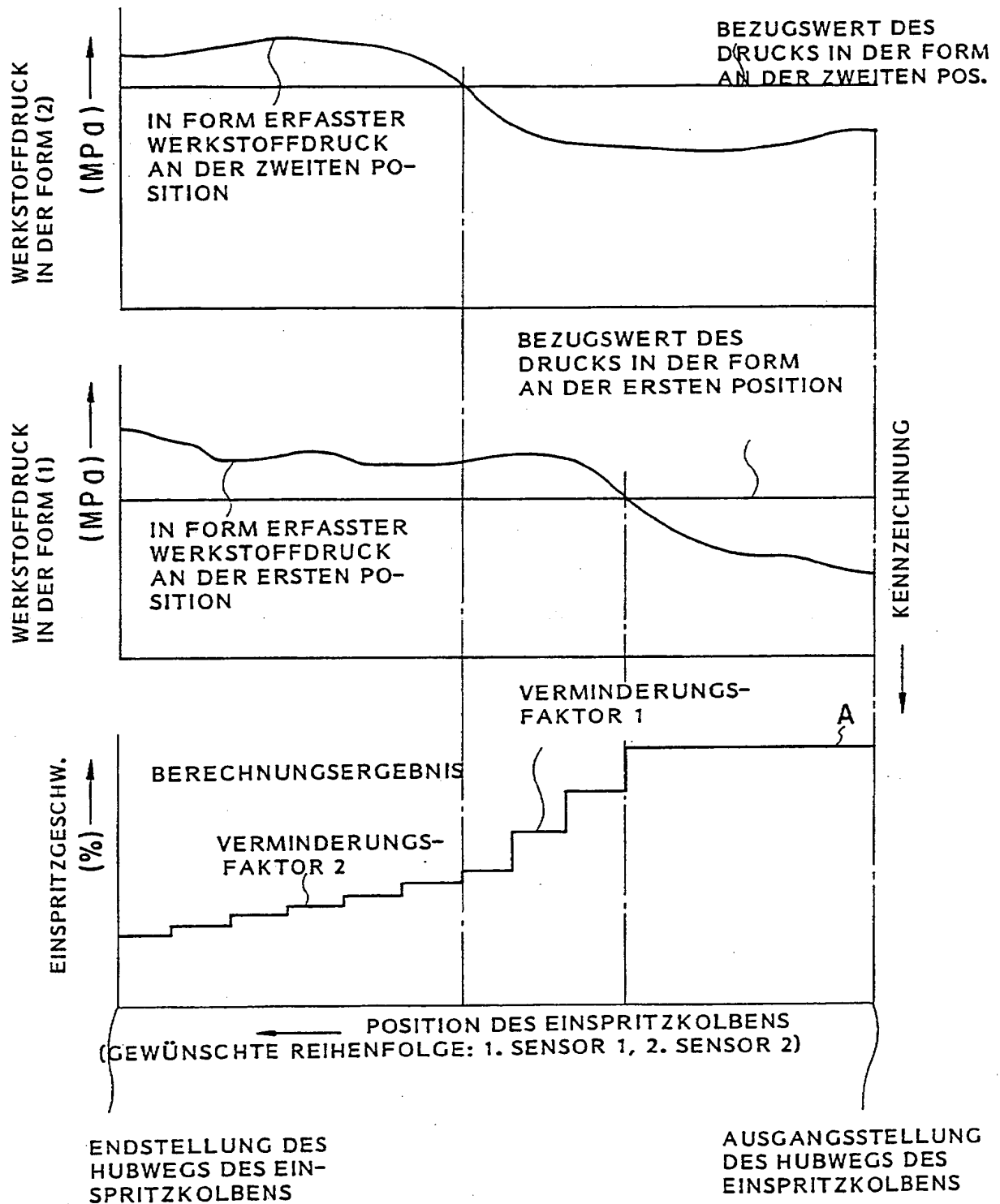


FIG. 3

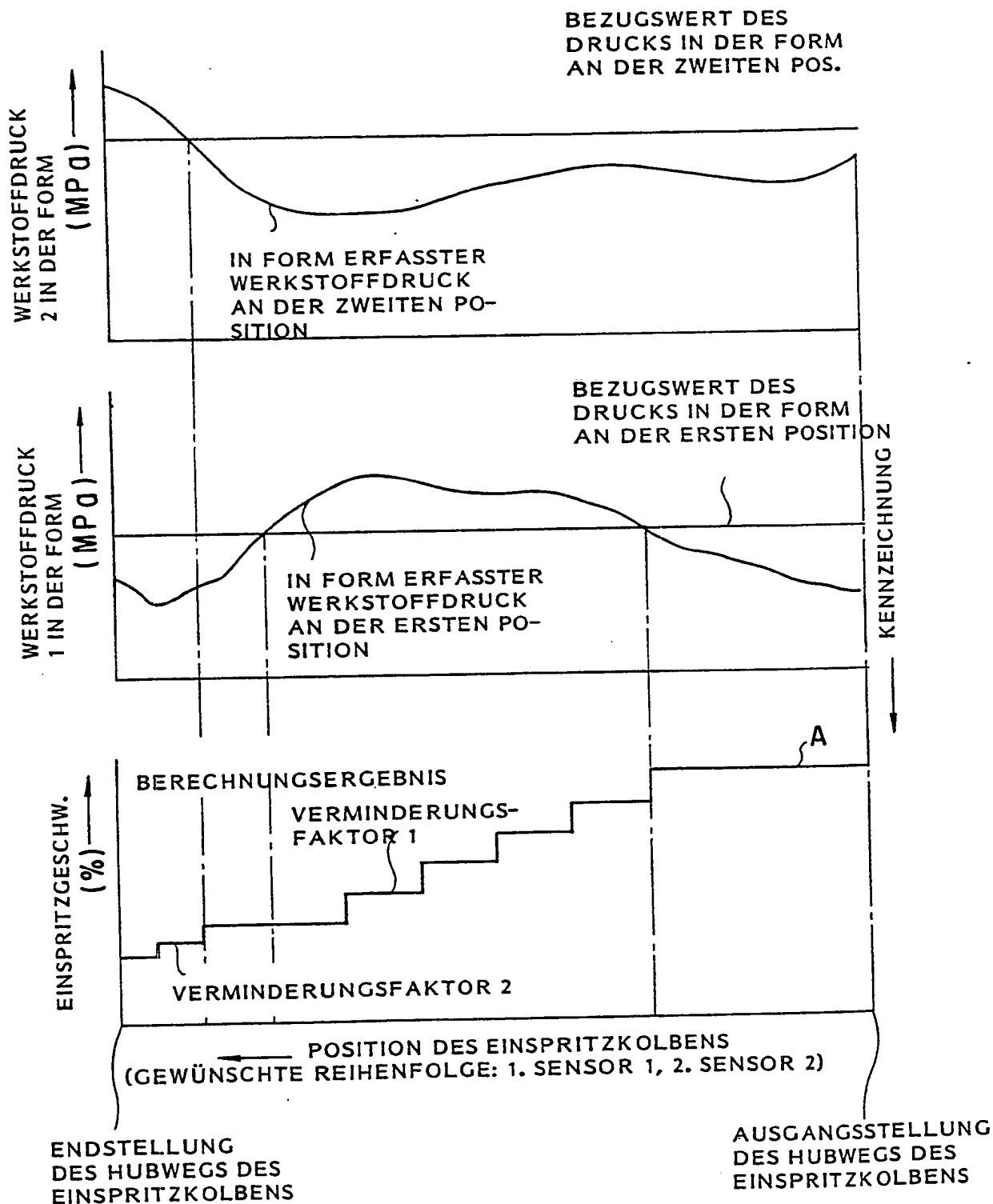


FIG. 4

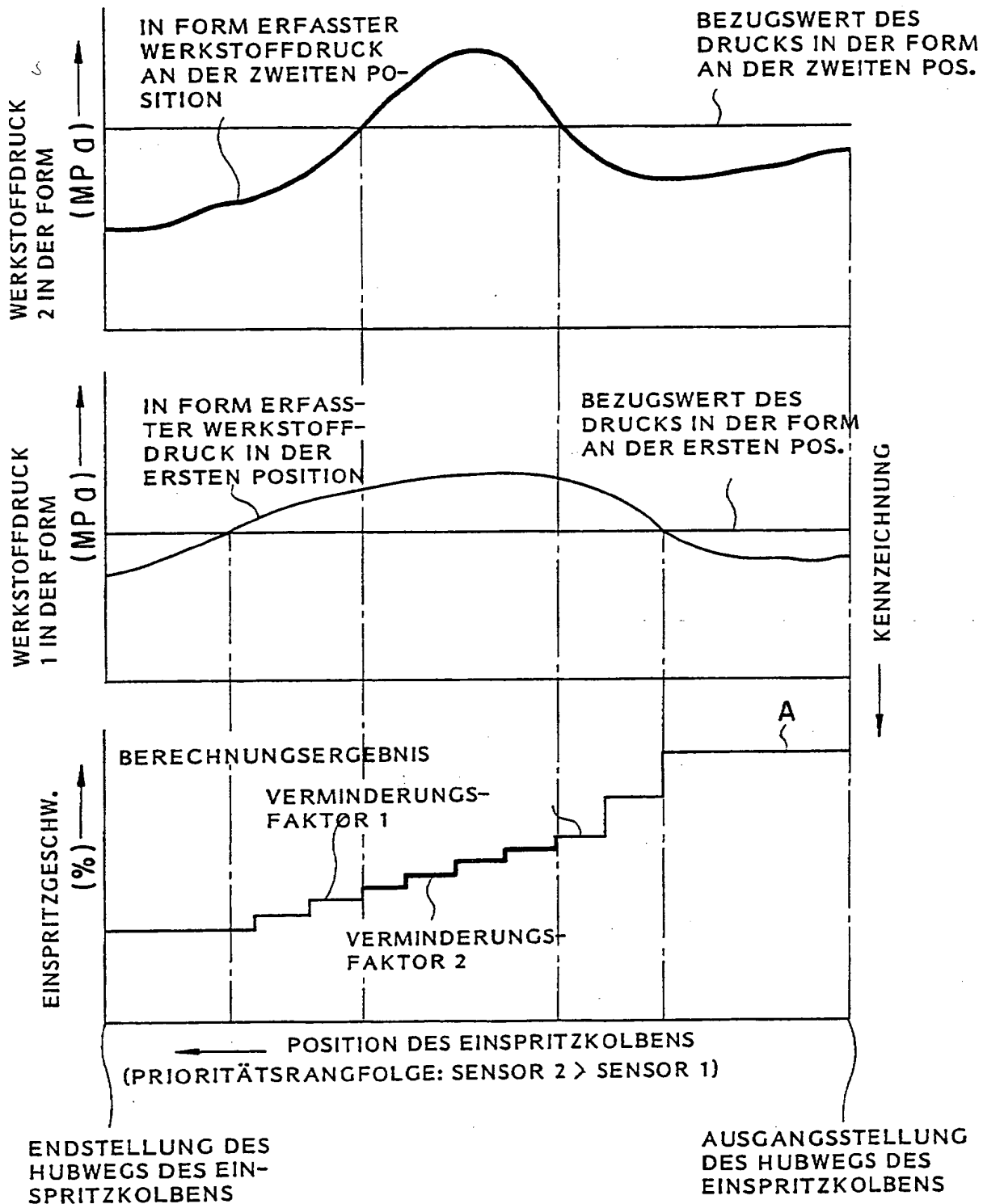


FIG. 5